



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea triennale in **INGEGNERIA MECCANICA**

METODI E CONTROLLO DEI PROCESSI DELLA GDO

METHODS AND CONTROL OF PROCESSES OF LARGE-SCALE

RETAIL TRADE

Relatore:

Prof. Ing. **Bevilacqua Maurizio**

Tesi di laurea di:

Di Battista Edoardo

Anno Accademico 2023/2024

"Non chi comincia ma

quel che persevera"

Indice

Introduzione	7
Capitolo 1	10
1. Caso di studio: quadro generale	10
1.1 Attività di magazzinaggio	10
1.2 Tipo di magazzino	11
1.2.1 Sistemi picker-to-parts 1^a generazione	14
1.2.2 Assegnazione di archiviazione	16
1.2.3 Ottimizzazione slot	17
Capitolo 2	19
2 Layout e dimensionamento	19
2.1 Divisione in reparti	19
2.2 Flusso merce	21
2.2.1 Flusso medio e massimo	22
2.2.2 Approccio probabilistico	24
2.3 Ottimizzazione costi totali	24
2.3.1 Ottimizzazione tempo operazioni	26
2.4 Ribalte di carico e scarico	31
2.4.1 Stima punti carico e scarico	32
Capitolo 3	35

3 Trasporto merce	35
3.1 Documento di trasporto (DDT)	35
3.2. Autocontrollo HACCP	37
3.3. Stabilità del carico	38
3.3.1. Il Codice CTU	39
3.3.2 Conseguenze carichi instabili	41
3.3.3 Sollecitazioni meccaniche	45
3.4. Rete di distribuzione collaborativa	46
3.4.1. Centri di distribuzione (DC)	46
3.4.2 Condizioni di necessarie di applicabilità	48
3.4.3. Vantaggi scenario collaborativo	49
Conclusioni	50
Ringraziamenti	52
Bibliografia	53

Introduzione

La GDO, sigla di Grande distribuzione organizzata, rappresenta le attività di distribuzione di generi alimentari e non di largo consumo all'interno di punti vendita di grandi dimensioni. Al fine di ottenere una maggiore competitività in termini di prezzo di acquisto e quindi margini più elevati, i vari proprietari possono riunirsi in associazioni consorziate dette gruppi di acquisto, maggiore sarà la quantità acquistata più basso sarà il costo.

È evidente che con tale strategia, l'elevata quantità di merce da gestire ed i processi ad essa rapportati devono essere ottimizzati e consolidati, così come le strutture impiegate per il deposito delle scorte e la loro gestione rappresentano un punto cruciale per la filiera della rete della GDO.

Una particolare tipologia di supermercato della grande distribuzione organizzata è rappresentata dai cash and carry la cui attività è rivolta a professionisti del settore come commercianti all'ingrosso o al dettaglio ma non al consumatore finale. Essendo il fabbisogno dei singoli clienti elevato, l'unità di vendita che è associata a questo tipo di attività è il collo e non il singolo pezzo ovvero cartoni interi di prodotto.

In generale in uno store così gestito ci si aspetta un minor numero di clienti ma una maggiore quantità di merce in uscita ovvero, la spesa pro-capite è superiore rispetto ad un supermercato per privati. Non è infatti inconsueto che il magazzino si trovi a gestire vendite di grandi portate come, ad esempio, pedane intere o addirittura autotreni completi.

In questi contesti lavorativi è indispensabile la stretta osservanza delle norme della sicurezza sul lavoro, la movimentazione di pedane di notevole peso che viene effettuata con l'ausilio di mezzi meccanici, avviene a stretto contatto della clientela oltre che in aree riservate agli addetti. Ogni spostamento deve avvenire in sicurezza valutando gli ingombri dei carrelli elevatori.

Gli spazi ed i volumi, rapportati a quelli di una classica distribuzione, risultano di notevoli dimensioni e le scorte, che per ottimizzazione interessano anche l'area vendita, si sviluppano in altezza per mezzo di scaffalature.

È con questa premessa che si vogliono delineare i delicati aspetti dei processi della GDO, focalizzando l'analisi al caso specifico dei cash and carry, in tal senso è evidente come lo studio a monte per un corretto sviluppo delle attività è di notevole importanza. L'ingegnerizzazione è

parte integrante, consente un risparmio di risorse sia in termini di costi che di tempistiche oltre che al corretto rispetto dell'attività lavorativa che coinvolge un ampio numero di individui.

La seguente trattazione ha lo scopo di formalizzare dei metodi nell'ambito del trasporto, della ricezione e dello stoccaggio di merci alimentare e non, in generale ha l'obiettivo di ottimizzare i processi logistici del caso di studio. È opportuno inoltre specificare che quanto segue è un'elaborazione basata sul lavoro svolto per nove anni dallo scrittore.

Capitolo 1

1. Caso di studio: quadro generale

I metodi e i processi di seguito illustrati sono applicabili ad un'Azienda che opera nel settore della Grande Distribuzione Organizzata di tipo cash and carry, radicata in ambito territoriale, il cui target di riferimento è il settore Horeca e Retail.

Il caso specifico è di rilevante importanza, rappresenta un caso limite del settore, tra le tipologie di supermercato della GDO è sicuramente quello che prevede volumi maggiori e quindi la messa a punto di piani strategici in termini della logistica è indispensabile.

1.1 Attività di magazzinaggio

Tali tipi di attività necessitano di magazzini che con l'ausilio di scaffalature consentono il deposito della merce.

L'attività di magazzinaggio è definita come lo stoccaggio intermedio delle merci tra le fasi di una catena di approvvigionamento [1] ed è costituito dalle funzioni di base ricezione, archiviazione, raccolta ordini e spedizione [2].

Il suo scopo principale, vale a dire il disaccoppiamento del tempo di acquisto dal momento della domanda, consente varie ulteriori missioni

aziendali, come la realizzazione di economie di scala nel trasporto di acquisti attraverso sconti quantitativi o riduzione dei costi di consegna per viaggi ridotti.

1.2 Tipo di magazzino

Si possono distinguere due tipi di magazzini: picker-to-parts e part-to-picker, tale suddivisione riguarda la modalità di spostamento della merce.

Nel primo caso, gli addetti devono spostarsi verso le postazioni di stoccaggio con l'ausilio di mezzi meccanici per la movimentazione merci, nel secondo caso si introduce in sistema di movimentazione materiale che consente lo spostamento della merce direttamente verso gli operatori che invece restano in una postazione fissa.

I due sistemi sono caratterizzati da costi di impianto e manutenzione differenti, infatti i magazzini part-to-picker richiedono un investimento iniziale più ampio a causa dell'utilizzo di un sistema di prelievo automatizzato fisso ma consente di risparmiare sulle spese operative derivanti dalle risorse umane, soprattutto in paesi ad alto costo salariale.

I sistemi picker-to-part risultano essere più flessibili essendo basati sulla forza lavoro umana ed il loro costo di impianto è inferiore [3].













Type of warehouse system	1st Generation (Basic setup)	2nd Generation (extended setups)	3rd Generation (robotized systems)
Picker-to-parts	 order-by-order picking from parallel-aisle warehouse	 batching, zoning, scattered storage  order consolidation	 AMR-assisted picking  autonomous picking robots
Parts-to-picker	 crane-based high-bay rack  picking workstation	 deep-lane storage system  shuttle-based storage systems	 shelf-lifting robots  grid-supported robots  rack-climbing robots

Figura 1: tipi di magazzino, fonte:50 years of warehousing research—An operations research perspective¹

Oltre a questa prima distinzione, i magazzini possono essere classificati, in base alle tecnologie di automazione impiegate, in tre generazioni e a seconda delle esigenze si implementa la tipologia specifica.

L'impiego di soluzioni ad elevata automazione, fa aumentare di molto i costi di impianto, sia per la progettazione e installazione che per la manutenzione; di contro fa diminuire il costo salariale per la manodopera. Oltre alle considerazioni appena fatte, è importante valutare la corretta implementazione considerando la destinazione di

¹ Fig. 1. Esempi di magazzini e-commerce: (a) Dark store basato sul picking manuale (Fonte: Stop & Shop), (b) Micro adempimento basato su Autostore (Fonte: Swisslog), (c) Picking manuale in ambienti sparsi magazzino di stoccaggio (Fonte: Geoff Robinson), (d) Postazione di picking fornita da robot mobili con sollevamento a scaffali (Fonte: Amazon).

impiego del magazzino, soluzioni di terza generazione sono auspicabili in contesti di economie di scala; in magazzini così configurati non è ammessa la presenza di clientela e non si adatta quindi alle esigenze di un Cash and Carry. Così come l'utilizzo di sistemi come il Parts-to-picker, non è di interesse applicativo per le esigenze richieste, un simile scelta comporterebbe eccessivi costi, inoltre l'impossibilità dell'approvvigionamento dei punti di prelievo (posti picking) considerando la presenza del pubblico.

Nel caso in oggetto è di particolare utilità la gestione tramite un sistema picker-to-parts di prima generazione, esso consente di sfruttare anche l'area riservata alle vendite. Il rifornimento dei posti picking avviene quindi per mezzo degli operatori che a seconda delle esigenze (liste di prelievo) eseguiranno abbassamenti specifici.

La scelta di questa tipologia fa aumentare in numero di addetti ma di contro diminuisce le spese di impianto; la presenza degli operatori è di notevole importanza, questi ultimi assistono la clientela negli acquisti e rilevano le criticità del sistema.

Nello scenario attuale, la maggior parte dei sistemi di raccolta, opera su base picker-to-parts; Questa prevalenza è dovuta agli elevati costi associati alla transizione verso sistemi di prelievo automatizzati [4].

1.2.1 Sistemi picker-to-parts 1^a generazione

I sistemi picker-to-part di prima generazione sono quindi caratterizzati da posti di prelievo fissi e da preparatori (risorse umane) che con l'ausilio di elenchi di selezione su carta o elettronici recuperano l'esatto prodotto nella postazione specifica.

Come posti di prelievo, si utilizzano scaffalature disposte su navate parallele, esse sono divise in piani modulabili in altezza e sono dimensionate strutturalmente per ospitare la merce pallettizzata su appositi pianali in legno standardizzati; anche questi ultimi devono rispettare delle caratteristiche specifiche per sopportare i carichi a cui sono sottoposti.

Al di sotto delle campate sono disposti i punti di prelievo riservati alla clientela e nei rack superiori si dispongono le scorte.

Tra le due navate parallele avviene la movimentazione dei bancali con l'utilizzo di carrelli retrattili²; In questi contesti lavorativi è indispensabile la stretta osservanza delle norme della sicurezza sul lavoro, la movimentazione di pedane di notevole peso che viene effettuata con l'ausilio di mezzi meccanici, avviene a stretto contatto della clientela

² Carrelli elevatori non di tipo frontale ad uso specifico

oltre che in aree riservate agli addetti. Ogni spostamento deve avvenire in sicurezza valutando gli ingombri dei carrelli elevatori.



Figura 2: magazzino 1ª generazione picker-to-parts: struttura a corsie parallele. Fonte: Waredoc

Gli operatori, quindi, prelevano i prodotti dai ripiani superiori e riforniscono mediante liste di priorità i punti picking riservati al pubblico. Durante queste operazioni è indispensabile attenersi all'abbassamento delle sole postazioni indicate al fine di rispettare così la rotazione delle scadenze e le priorità di vendita. Per ottimizzazione, le istruzioni di raccolta vengono fornite in maniera organizzata in modo da minimizzare gli spostamenti da una corsia all'altra.

1.2.2 Assegnazione di archiviazione

Per i prodotti appena entrati in magazzino e destinati alle scorte ci sono diversi modi per la selezione degli slot da utilizzare:

- *Archiviazione casuale*, la posizione viene scelta casualmente tra quelle libere non tenendo conto di alcun parametro.
- *Archiviazione più vicina*, si individua lo slot più vicina alla postazione di prelievo del picking.
- *Posizione di stoccaggio fissa*, ad ogni tipologia di prodotto è assegnato un rack fisso.
- *Stoccaggio a rotazione completa*, prevede l'allocazione di merci alto vendenti in punti più congeniali al prelievo e di immediata disponibilità.

Per il caso di studio è indispensabile minimizzare gli spostamenti, escludendo quindi una sistemazione casuale, utilizzando al contrario una sistemazione fissa e allo stesso tempo più vicina al punto di lavorazione e vendita, mantenendo i prodotti ad alta rotazione di facile e veloce reperimento.

1.2.3 Ottimizzazione slot

Le scorte sono quindi divise in campate, ogni campata può ospitare più slot a seconda delle loro dimensioni. Per evitare sprechi è indispensabile un corretto dimensionamento dei singoli spazi; riorganizzando un certo numero di scaffalature porta pallet è possibile liberare spazio utile, tale approccio è poco adoperato sia perché sottovalutato sia perché costoso in termini riorganizzativi.

Per stimare il profitto di una tale riorganizzazione, misuriamo quanto spazio siamo in grado di ridurre per un certo numero di scaffalature riorganizzate.

Ignoriamo l'altezza della trave, perché si può sempre supporre che faccia parte di un pallet; quindi, l'altezza della trave fa parte dell'altezza del pallet, supponiamo inoltre che tutti i pallet siano già posizionati in determinati slot, chiamiamo inoltre "scatola" un singolo porta pallet.

Il problema può essere descritto come segue: ci sono m scatole con altezza fissa H e n ($n \geq 2$) pallet con un'altezza arbitraria h_i ($1 \leq h_i \leq H$) in un magazzino, in ogni scatola è presente un numero di slot separati in base al carico. Ogni pallet si trova in uno slot e ogni slot contiene al massimo un pallet, l'obiettivo consiste nel riorganizzare esattamente k

scatole in modo tale che il numero totale di scatole occupate dai pallet sia ridotto al minimo.

La formulazione del problema in Programmazione Lineare [5] conduce all'evidenza di una dipendenza quasi logaritmica tra scatole riorganizzate e scatole liberate, il profitto comunque diminuisce all'aumentare del numero di box riorganizzati.

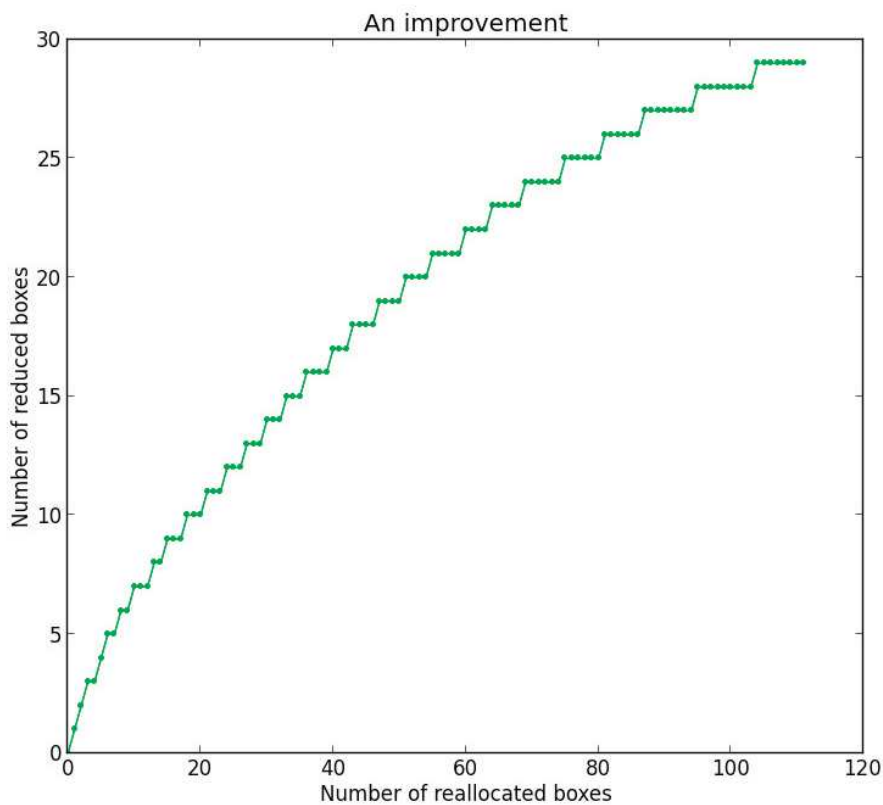


Grafico 1: esempio per 120 box.³

³ La figura 3 mostra l'andamento quasi logaritmico tra i box liberati e quelli riorganizzati. Fonte: A Dynamic Programming Heuristic for Optimizing Slot Sizes in a Warehouse

Capitolo 2

2 Layout e dimensionamento

Nonostante si utilizzino espedienti per l'ottimizzazione delle scorte, l'implementazione e la gestione dei sistemi di stoccaggio sono aspetti fondamentali nella progettazione di un magazzino. Stime errate in termini di volume potrebbero portare ad una mancanza di spazio di archiviazione così come una sovrastima porterebbe a spese eccessive di progettazione. Oltre che ad una opportuna valutazione degli spazi necessari è evidente come la ripartizione dei vari organi del processo (divisione in reparti) sia indispensabile per minimizzare le tempistiche di lavorazione.

È quindi di interesse economico una corretta modellazione della struttura in fase di progettazione, tale processo deve tener conto di diversi parametri che saranno argomento del seguito della trattazione.

2.1 Divisione in reparti

Nel caso specifico di un Cash and Carry, per una corretta allocazione della merce in base alla tipologia di appartenenza, il magazzino è diviso in reparti:

- *Lo scarico merci*, nel qual gli addetti ricevono la merce in entrata, ne controllano quantità e qualità e la smistano ai processi successivi. Esso è dotato di un'area di scarico provvista di apposite ribalte per l'attracco dei mezzi di trasporto, di un'area interna che permette lo stazionamento dei prodotti e lo stoccaggio di pedane.
- *L'area vendita secchi* per articoli non a temperatura controllata la quale è divisa in corsie per consentire una distinzione dei vari generi. Anche questo settore si sviluppa in altezza per consentire il deposito delle scorte.
- *L'area vendita freschi* dotata di frigoriferi, banchi surgelati e di celle frigorifere per la conservazione a temperatura controllata.

Tra i prodotti movimentati vi sono alcune tipologie come surgelati e freschi che necessitano in rispetto della cosiddetta catena del freddo ovvero la non esposizione a temperature superiore a quelle di giusta conservazione per lunghi periodi di tempo che ne andrebbero qui ad alterare le proprietà. A tal fine si adotta l'utilizzo di celle frigorifere, anche esse dotate di scorte con proprietà dei materiali d'impiego caratterizzato dall'utilizzo a basse temperature.

Nonostante questa suddivisione è indispensabile una stretta collaborazione tra le parti per il coordinamento delle fasi; un ritardo nei reparti di vendita potrebbe determinare un accumulo di merce nel ricevimento merci con l'impossibilità di proseguire le attività di scarico. Le conseguenze di tali ritardi potrebbero tradursi in un aumento dei costi dovuti ai tempi di attesa per lo scarico, i Vettori infatti potrebbero applicare delle tariffe maggiorate.

Nello scenario peggiore, potrebbe presentarsi l'impossibilità di scaricare e quindi la mancata consegna in questo caso, oltre che al costo derivante dal sovrapprezzo della consegna, è da aggiungere un mancato guadagno per la merce invenduta che è stata respinta.

2.2 Flusso merce

Per garantire il corretto svolgimento delle attività e impedire rallentamenti dei processi nei vari reparti, è necessario dimensionare l'impianto in maniera adeguata tenendo conto della quantità di merce in ingresso e in uscita, quindi del flusso.

Va tenuto presente che se da un lato i colli in ingresso possono essere di facile valutazione, i colli in uscita possono essere solo stimati infatti, essi dipendono dalle vendite giornaliere di cui si può avere solo una previsione statistica.

La variazione della domanda, determinata da periodi stagionali e dalla periodicità delle attività delle persone, può portare a picchi di merce lavorata con una conseguente incremento del flusso. Nel caso studio, si vedranno picchi di domanda per periodi di festività, periodi estivi o qualora l'azienda decidesse per motivi di marketing di generare scorte a fronte di prezzi di acquisto convenienti.

Per ciascuna categoria di beni i ($i = 1, \dots, I$), che richiede particolari sezioni di stoccaggio e per ogni periodo/stagione con durata θ_p , con intensità di arrivo $\lambda_i(\theta_p)$ e intensità delle uscite $\mu_i(\theta_p)$, può essere determinato il volume delle merci i , Q_i , immagazzinate al tempo t_k nel periodo θ_p [6]:

Equazione 1

$$Q_i [t_k(\theta_p)] = Q_i [t_{k-1}(\theta_p)] + \int_{t_{k-1}(\theta_p)}^{t_k(\theta_p)} [\lambda_i(\theta_p) - \mu_i(\theta_p)] dt, \text{ with } t_k(\theta_p) = \overline{1, \theta_p} \text{ and } \sum_{p=1}^P \theta_p = T$$

dove T è il ciclo di variazione stagionale (di solito, $T = 1$ anno).

2.2.1 Flusso medio e massimo

Si possono quindi determinare a fronte di dati disponibili, i valori medi $Q_{i,Av}(\theta_p)$ e i valori massimi $Q_i(\theta_p)$ per il ciclo T :

Equazione 2

$$Q_{i,Av}(T) = \frac{1}{T} \sum_{p=1}^P [Q_{i,Av}(\theta_p)] \theta_p, \quad \max Q_i(T) = \max_P \left[\max_P Q_i(\theta_p) \right]$$

Sarà quindi decisione del progettista affidarsi al valore medio o in ottica conservativa al valore massimo.

Valore medio:

Equazione 3

$$C_{p,Av} = \sum_{i=1}^I Q_i(T) s_i,$$

Valore massimo:

Equazione 4

$$C_p = \sum_{i=1}^I \max Q_i(T) s_i$$

In alternativa vi si può affidare ad una distribuzione probabilistica che comprenda i costi così da avere un'analisi più completa.

Supponiamo in maniera empirica di poter modellare dei tassi: uno di arrivo λ ed uno di spedizione μ . È possibile determinare la probabilità per la quale il magazzino sia interamente occupato da merce, ovvero non sia più possibile ricevere consegne; si può quindi in base a probabilità

di rifiuto e in base a scelte economiche scegliere la capacità del magazzino.

2.2.2 Approccio probabilistico

La probabilità che tutti gli m slot di stoccaggio siano pieni è definita come:

Equazione 5

$$P(m) = \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^m \left(\sum_{k=0}^m \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \right)^{-1}$$

dove m è il numero di scomparti con una capacità di stoccaggio q , equivalente allo spazio di stoccaggio richiesto da una domanda in arrivo.

2.3 Ottimizzazione costi totali

La capacità del proprio magazzino è stabilita per minimizzare la somma, C , di due componenti di costo:

- $C1$ i costi equivalenti di investimento e di funzionamento del magazzino; $C1 = c1 \cdot m$, dove $c1$ è il costo relativo ad un compartimento e m è il numero di compartimenti del magazzino.
- $C2$ il costo corrispondente al rigetto delle richieste di stoccaggio; $C2 = c2 \cdot r_{av}$, dove $c2$ è il costo medio di una richiesta di

rifiuto e comprende i costi di deposito in altri magazzini e r_{av} è il numero medio di rifiuti sul totale delle richieste N ricevute durante il periodo T ($N = \lambda \cdot T$, i.e., $r_{av} = N \cdot P(m)$).

Nella figura seguente, è mostrata la variazione dei costi di stoccaggio in funzione di m , la capacità del proprio magazzino.

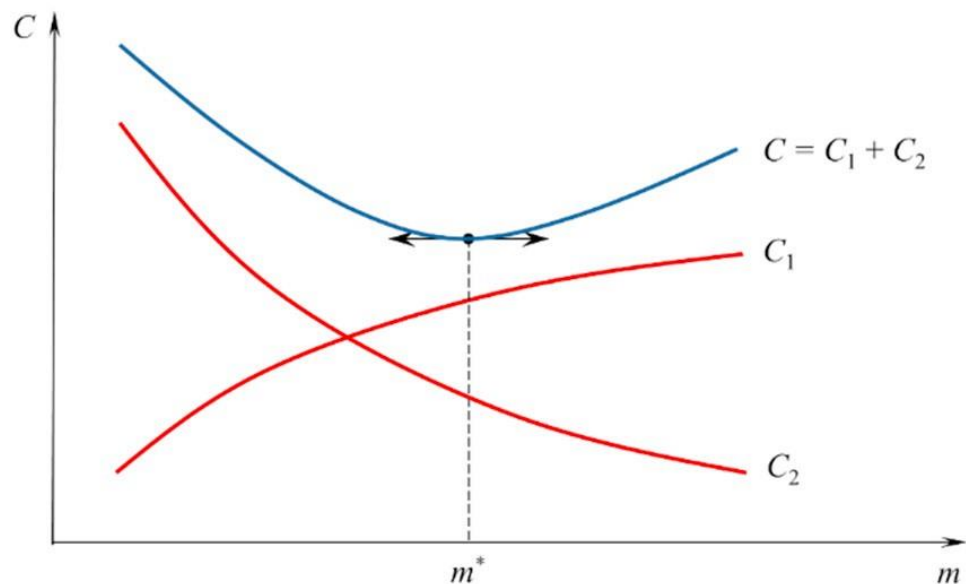


Grafico 2: Variazione dei costi di stoccaggio in funzione di m , la capacità del proprio magazzino⁴

È possibile determinare il numero m^* di compartimenti che minimizza i costi totali dati dalla somma di C_1 e C_2 dalla seguente equazione:

⁴ Fonte: Serban Raicu, Dorinela Costescu, Mihaela Popa, Cosmin-Robert Bujor, Strategic and tactical management of warehousing in distribution logistics

Equazione 6

$$r_{av}(m^* - 1) - r_{av}(m^*) \geq \frac{c_1}{c_2} \geq r_{av}(m^*) - r_{av}(m^* + 1).$$

2.3.1 Ottimizzazione tempo operazioni

Oltre che al numero corretto di scorte, che consente per quanto appena visto lo svolgimento delle attività senza ristagni di merce bloccata, è opportuno disporre gli slot in maniera consona. Tale scelta va fissata in fase di progettazione e rientra quindi nel dimensionamento dell'impianto; alcuni spostamenti o modifiche possono essere effettuate anche a posteriori con un conseguente aumento dei costi.

Come già visto, l'altezza massima delle scorte è un dato rilevante per l'ottimizzazione dello spazio, ogni scaffalatura avrà quindi un'altezza massima data dall'altezza del magazzino ed ogni slot sarà modulabile in altezza a seconda delle esigenze.

Un adeguamento dell'altezza degli slot richiede comunque un intervento minore in termini di costi e tempo; questa operazione aumenta di certo il volume di stoccaggio ma ha dei limiti massi che includono dei margini di sicurezza con l'altezza del magazzino e dei limiti dovuti ai mezzi utilizzati.

Anche questi ultimi hanno dei limiti di sollevamento forniti dal produttore, ad ogni livello di stoccaggio il carico massimo di sollevamento si riduce, esso è infatti inversamente proporzionale all'altezza, indipendentemente dal mezzo utilizzato.

Fissato un piano di riferimento ortonormale e solidale con gli assi x e y al piano del pavimento del magazzino e come asse z la direzione del piano perpendicolare ad esso, è evidente come se da un lato adeguamenti in altezze per piccoli aggiustamenti sono poco dispendiosi, un cambiamento della disposizione del piano x, y , prevede dei costi eccessivi.

Per minimizzare gli spostamenti e quindi ridurre al minimo le tempistiche delle varie operazioni, sarà indispensabile fissare in anticipo la disposizione dei vari corridoi formati dagli scaffali che avranno quindi per il caso di studio una disposizione parallela.

Una volta nota la distanza tra le campate, è possibile determinare le velocità dei mezzi, il tempo di lavorazione di ogni singolo processo.

Questo dato è di rilevante importanza nell'ottica di economie di scala, i dati ottenuti consentono di intervenire in casi specifici e adattare la postazione della merce stoccata per migliorare le tempistiche.

A tal proposito, si riporta un esempio di layout di magazzino:

Siano N_x e N_y una possibile disposizione delle celle sul piano x, y , si determinano così valori specifici della lunghezza L e della larghezza W del magazzino.

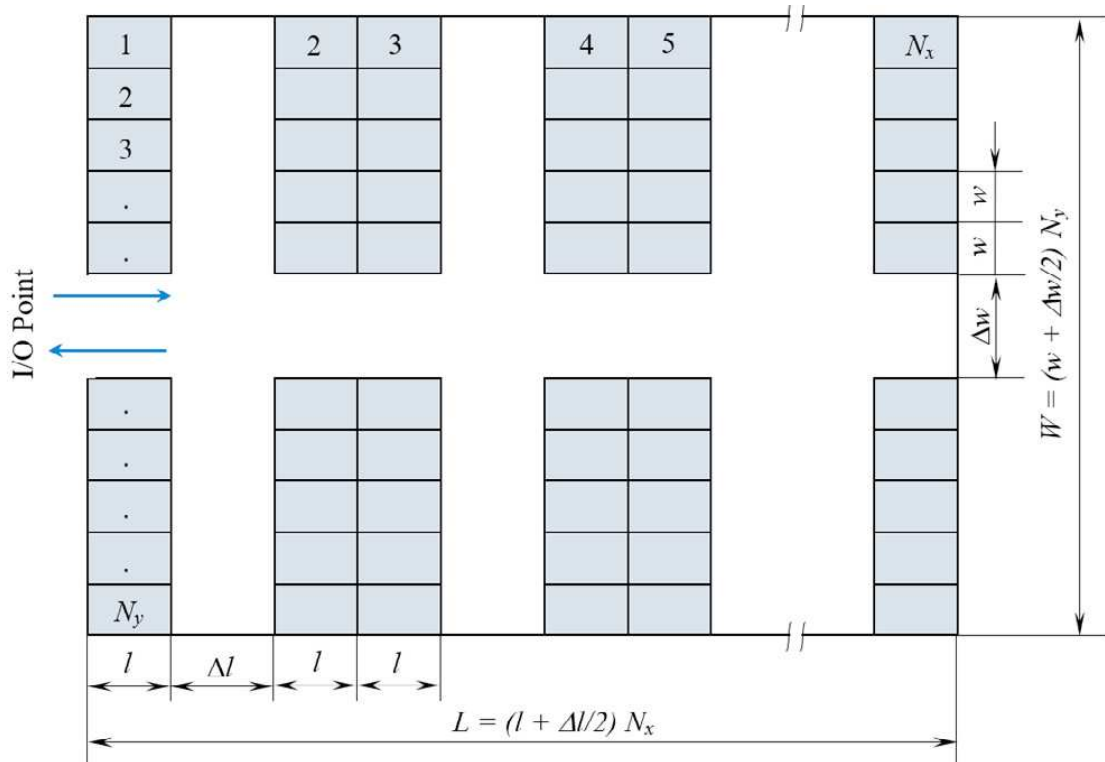


Figura 3: disposizione celle di stoccaggio

La distanza media percorsa dalle attrezzature di movimentazione tra la banchina di accesso e le celle di stoccaggio delle scaffalature è:

$$D_m = 2(L/2 + W/4) = L + W/2.$$

Pertanto, il tempo di spostamento medio tra tutte le celle nei rack e la banchina di accesso:

Equazione 7

$$\tau = \left(l + \frac{1}{2} \Delta l \right) \frac{N_x}{v_x} + \frac{wN_y + \Delta w}{2v_y}.$$

Supponiamo che le velocità lungo gli assi x e y siano uguali ($v_x=v_y=v$), e considerando che $N_x = N/N_yN_z$, il minor tempo di spostamento si ottiene annullando l'equazione $d\tau/dN$ cioè per:

Equazione 8

$$N_y^* = \sqrt{\frac{2N(l + \Delta l/2)}{wN_z}}, \quad N_x^* = \sqrt{\frac{Nw}{2N_z(l + \Delta l/2)}}.$$

Arrotondando agli interi più vicini, si ottengono i valori di L e di W ottimali per i quali si minimizzano i tempi di percorrenza con i mezzi di movimentazione merci ottimizzando così i processi logistici.

Una riduzione dei tempi negli spostamenti consente maggiori operazioni l'ora ottimizzando di conseguenza la spesa salariale e riducendo ai minimi i tempi di trasporto all'interno del magazzino.

Oltre a migliorare le tempistiche si riducono gli spazi percorsi dai mezzi di stoccaggio, portando a parità di tempo di utilizzo degli stessi ad un maggior numero di scorte movimentate. Adottando queste strategie si ottiene un'importante riduzione dell'usura dei carrelli e quindi l'ottimizzazione dei costi dell'attrezzatura.

Che si tratti di muletti di proprietà o noleggiati, si ottengono risparmi notevoli; infatti, oltre ai costi dei componenti di usura si deve tenere conto di quelli delle rotture accidentali dovuti ad impatti accidentali. Andando a lavorare su percorsi prestabiliti di minori distanze si ottengono statisticamente minori urti del caso di percorsi non ingegnerizzati.

Va precisato inoltre, che per garantire standard di sicurezza elevati, in ambienti lavorativi così concepiti, si raccomanda l'utilizzo di specifici carrelli elevatori a guida non frontale, ovvero carrelli retrattili. Questi consentono una migliore padronanza dei movimenti e l'impossibilità di ribaltamento perché dotati di apposite piastre antiribaltamento che insieme alla particolare forma e baricentro basso ne assicurano la stabilità. Inoltre, grazie alla loro conformazione, permettono una visuale migliore in fase di stoccaggio sia della merce movimentata che dei possibili clienti e personale addetto nelle immediate vicinanze. Non per

ultimo garantiscono anche l'incolumità del conducente grazie ad apposite coperture rinforzate e lamierate che consentono la protezione da eventuali cadute di materiale dall'altro ma garantendo una buona visuale (copertura a lamelle orientate). È comune, inoltre, l'utilizzo di stoccatore di dimensioni minori e transpallet elettrici con uomo a bordo, questi ultimi consentono la movimentazione ma non permettono il sollevamento dei bancali a piani rialzati. In alcune circostanze, nella GDO è consueto l'utilizzo anche di commissionatori, ovvero dei transpallet elettrici con uomo a bordo, dotate di forche più lunghe per il trasporto di due pedane in contemporanea; con l'aumentare del carico trasportato, è indispensabile una maggiore accortezza da parte degli operatori specializzati.

2.4 Ribalte di carico e scarico

Oltre che alla vendita diretta, il magazzino del caso di studio è in grado di spedire ai propri clienti la merce venduta. A tal fine si utilizzano come nel caso della ricezione merci, delle ribalte di carico e scarico.

Queste non sono altro delle pedane semovibili che vanno ad appoggiarsi per azionamento idraulico sulla sponda del mezzo da caricare o scaricare; sono di dimensioni e specifiche standardizzate per

consentire lo svolgimento delle procedure in totale sicurezza, di materiale (solitamente acciaio) resistente ai carichi dinamici.

Non tutti i mezzi di trasporto possono essere collegati alle banchine con l'ausilio delle ribalte, ad esempio, furgoni di piccole dimensioni andranno caricati e scaricati con l'utilizzo di carrelli elevatori di tipo frontale, le eccessive dimensioni dell'organo di collegamento non consentono l'attracco.

Sebbene le operazioni di riempimento e svuotamento possano sembrare banali, esse possono essere rallentate o addirittura impedita se l'impianto non è dotato di un opportuno numero di ribalte.

2.4.1 Stima punti carico e scarico

Supponiamo in una giornata lavorativa di dover caricare e scaricare un certo volume di merce, tenendo conto della capacità media dei camion utilizzati, è possibile stimare il numero consono di punti di operazione.

Si introduce quindi la seguente equazione:

Equazione 9

$$n_g = \left| \frac{(\max Q_d) t_g}{q T_0} \right|,$$

dove Q_d è il volume di merce lavorato, esso comprende arrivi e partenze, q il carico medio di un camion utilizzato, t_g il tempo di manovra per l'attracco in banchina e T_0 il tempo di apertura del magazzino e quindi le ore di lavoro; si ottiene così il numero di ribalte n_g .

l'equazione 9 non tiene conto di eventuali tempi di controllo della merce in arrivo, per maggiori accuratezze, è possibile implementare funzioni più estese che comprendono ulteriori variabili.

Nelle operazioni delle fasi di entrata e uscita, potrebbero presentarsi imprevisti come rotture ed eventuali contestazioni da rivolgere ai Fornitori; questi sono solo alcuni esempi di variabili funzionali che determinano le tempistiche e la durata dei processi.

Se si sottostima il numero di ribalte, si generano code di attesa per gli operatori dei trasporti, al contrario una sovrastima genera dei tempi morti con un aumento dei costi.

Per quanto appena detto, è di rilevante importanza la giusta valutazione in fase di progettazione, anche in questo caso, come per le scorte, un adattamento a posteriori comporta un notevole esborso economico e quindi non auspicabile.

Solo in caso di progetti nuovi nell'ambito logistico, possono condurre ad un ampliamento in tal senso che deve comunque sempre essere giustificato economicamente.

Capitolo 3

3 Trasporto merce

Ancora prima di essere ricevuta in ingresso, la merce spedita dai Fornitori transita su mezzi di trasporto opportunamente adibiti allo scopo.

Spesso per le consegne ci si affida a dei Vettori terzi in altri casi le consegne vengono effettuate direttamente dal produttore, la scelta resta comunque dettata dall'ottimizzazione logistica e dai costi, in entrambi i casi, i mezzi utilizzati devono avere specifiche esatte a seconda del tipo di merce trasportata. Infatti, possiamo distinguere tre categorie specifiche: i surgelati, i freschi e i "secchi", i primi richiedono l'utilizzo di celle frigorifere per consentire il mantenimento della catena del freddo, gli ultimi possono viaggiare su mezzi non refrigerati, solitamente con stivaggio telonato.

3.1 Documento di trasporto (DDT)

Di norma la merce trasportata è accompagnata dal Documento di trasporto, esso è un documento previsto dalla legge italiana e viene emesso per giustificare il trasferimento di materiale da cedente a cessionario sia che esso venga effettuato per conto proprio dal mittente

o affidato ad un trasportatore esterno. Il DDT viene emesso prima di effettuare la consegna e in esso sono contenute le principali indicazioni riguardanti la consegna:

- Il numero del documento progressivo
- La data di emissione e consegna
- Mittente, Destinatario e incaricato al trasporto, in generale soggetti coinvolti
- Le quantità dei beni trasportati suddivise per articoli con rispettive scadenze e lotti se deperibili
- Il numero dei colli totali
- Il peso delle pedane
- Il saldo dei vuoti da restituire
- La causale del trasporto

Tutte queste informazioni oltre che ad essere a norma di legge sono utili alla ricezione per l'immissione dei dati in ingresso, il controllo e il successivo monitoraggio della merce. La conservazione del DDT anche dopo l'avvenuta consegna è fondamentale per la tracciabilità degli ingressi ed eventuali successivi controlli.

3.2. Autocontrollo HACCP

È importante evidenziare che la fase del trasporto è un processo delicato nel quale bisogna conservare le proprietà della merce movimentata. Oltre che ad evitare rotture e danneggiamenti bisogna garantire tramite autocontrollo che non avvengano esposizioni a temperature non conformi per lungo periodo.

A tal fine si introduce in manuale di autocontrollo HACCP. Esso è uno strumento di gestione proattiva che serve a ridurre i rischi potenzialmente espressi come effetti biologici o ambientali avversi, ad esempio associati a rilasci di sostanze chimiche, cambiamenti nelle risorse naturali o nelle pratiche ingegneristiche e i relativi impatti, e rilasci accidentali o intenzionali di fattori di stress biologico.

L'implementazione del processo HACCP serve a ridurre gli effetti avversi potenzialmente associati a un particolare materiale o processo e fornisce indicazioni per testare e valutare prodotti o processi, attraverso una procedura preventiva focalizzata sulle informazioni più pertinenti alla caratterizzazione di un sistema, inoltre dovrebbe essere considerato un processo continuo che funge da componente chiave nelle pratiche ingegneristiche [7].

Tale manuale deve quindi essere integrato nelle procedure aziendali.

3.3. Stabilità del carico

Durante il trasporto potrebbe verificarsi il danneggiamento della merce a seguito di ribaltamenti accidentali all' interno del mezzo di trasporto. Il primo importante processo che coinvolge tutte le spedizioni è la fase di carico in quanto una corretta distribuzione dei pesi all' interno degli automezzi preserva l'integrità della consegna.

Si deve specificare che per ottimizzazione, sia che si tratti di consegne dirette del mittente o di spedizioni per mezzo di Vettori, si tende a caricare più clienti sugli stessi vani. A tal proposito bisogna disporre le pedane in maniera consona rispetto all' ordine di scarico, cioè per prima vanno caricati gli ultimi scarichi e in fondo al mezzo di trasporto si dispongono i primi clienti. L' ordine di scarico è definito oltre che dalle esigenze del cliente, dalla destinazione di partenza e dal cliente più lontano ad essa, infatti, per ottimizzare il processo bisogna avere chiara la collocazione geografica dei singoli destinatari.

L' ottimizzazione in termini logistici non deve comunque in alcun modo compromettere la stabilità del carico.

3.3.1. Il Codice CTU

Al fine di garantire in maniera funzionale la filiera del trasporto, si introduce il codice UTI⁵ (CTU Code, Code of practice for packing of cargo transport units). Esso è elaborato in maniera congiunta da IMO (International Maritime Organization), ILO (International labour organization), UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) costituisce il manuale di riferimento per tutti gli aspetti del carico e del fissaggio delle merci in container e altre unità di trasporto intermodale. Fornisce indicazioni non solo a coloro che sono responsabili dell'imballaggio e della messa in sicurezza delle merci, ma anche a coloro che ricevono e disimballano tali unità. Lo scopo del codice è quello di aumentare la sicurezza del carico delle merci lungo l'intera filiera e costituire un punto di riferimento per la standardizzazione dei processi, oltre che responsabilizzare gli attori coinvolti nelle attività di movimentazione della merce.

L'obiettivo del Codice UTI è quello di fornire dettagli teorici e misure pratiche non solo a coloro che sono responsabili dell'imballaggio e della messa in sicurezza delle merci, ma a tutte le parti della catena di approvvigionamento. Il tema affrontato è quello della sicurezza per

⁵ UTI, unità di trasporto intermodale

proteggere l'incolumità delle persone assicurando adeguatamente la merce nelle unità di carico, salvaguardare le merci trasportate nei confronti di eventuali danni.

Consente di agevolare le corrette operazioni di riempimento, trasporto e svuotamento delle Unità di Carico (UTI) assistendo nelle fasi di pianificazione ed esecuzione del riempimento delle merci, con risultati soddisfacenti per il caricatore, il vettore e il destinatario.

Un'indagine [8] empirica su un campione di 26 aziende italiane, ha mostrato come l'applicazione del Codice CTU ai processi di carico e trasporto delle merci può aumentare il livello di sicurezza delle attività di trasporto, nonché migliorare i processi aziendali e la competitività.

I risultati mostrano che l'utilizzo del Codice CTU garantisce un incremento della sicurezza con una drastica riduzione degli incidenti di carico e danni alle merci, oltre ad importanti benefici in termini di costi, miglioramento dell'efficienza, dell'immagine aziendale e ridotto impatto ambientale.

3.3.2 Conseguenze carichi instabili

L'importanza della sicurezza riguarda la merce movimentata, le persone coinvolte nella movimentazione della stessa, oltre che l'ambiente e, dunque, l'intera comunità.

La pericolosità associata a una non corretta movimentazione e caricamento della merce espone a rischi elevati. Errate pratiche di gestione della merce possono causare danni non solo al carico stesso (con conseguenti perdite economiche), ma anche lesioni alle persone che fisicamente si occupano di caricare, scaricare e ricevere merce, oltre che ai mezzi di trasporto e alle unità di carico.

Lo spostamento del carico derivante da un fissaggio inadeguato può causare incidenti, danni al carico, ad altri carichi o all'UTI. In particolare, gli oggetti pesanti possono sviluppare forze di inerzia se esposti ad eccessive accelerazioni come evidenziato nelle figure sotto. Il danno al carico è sempre una perdita economica.



Figura 4: mancato fissaggio longitudinale.

Fonte: CTU Code, informative material 1



Figura 5: mancato fissaggio laterale e resistenza parete di appoggio inadeguata.

Fonte: CTU Code, informative material 1



Figura 6: mancato imballaggio di pacchi con conseguente ribaltamento.

Fonte: CTU Code, informative material 1

L'unità di trasporto intermodale deve essere adatta al particolare tipo di carico: carichi climaticamente sensibili, carichi pesanti, materiale alla rinfusa. Le UTI che presentano carenze strutturali possono cedere in condizioni di trasporto normali, è essenziale un controllo preliminare di ogni UTI



Figura 7: Pavimento UTI sovraccaricato

Fonte: CTU Code, informative material 1

Un altro parametro da tenere in considerazione è il peso della merce da gestire. Una UTI sovraccarica rappresenta una seria minaccia per la sicurezza del lavoro delle varie persone lungo la catena che sono incaricate di maneggiare, sollevare e trasportare l'UTI. Ci sono diversi pericoli associati: il guasto dell'attrezzatura, il fallimento del sollevamento o l'interruzione, il ribaltamento dell'UTI o la caduta dall'attrezzatura di trasporto.



Figura 8: sovraccarico mezzo sollevamento.

Fonte: CTU Code, informative material 1

3.3.3 Sollecitazioni meccaniche

Durante il trasporto la merce all'interno dei mezzi adoperati è soggetta a sollecitazioni meccaniche. Le forze che generano queste sollecitazioni sono date dalla massa moltiplicate per l'accelerazione, quest'ultima è la somma dell'accelerazione gravitazionale e dell'accelerazione riconducibile a fattori che si generano durante la guida come una frenata improvvisa o cambi repentini di direzione.

Tenendo conto delle modalità di viaggio, la merce pallettizzata deve essere assicurata in maniera consona in direzione longitudinale e trasversale facendo riferimento a casi peggiori, combinazione di accelerazioni orizzontale e verticale. Si deve garantire la stabilità anche in caso di eventi particolari come vibrazioni elevate o urti.

La messa in sicurezza avviene per mezzo di ancoraggi in grado di contrastare tali forze e a seconda del mezzo vengono utilizzate funi, paletti (per mezzi non telonati) o fermacarichi qualora il mezzo non fosse completamente riempito.

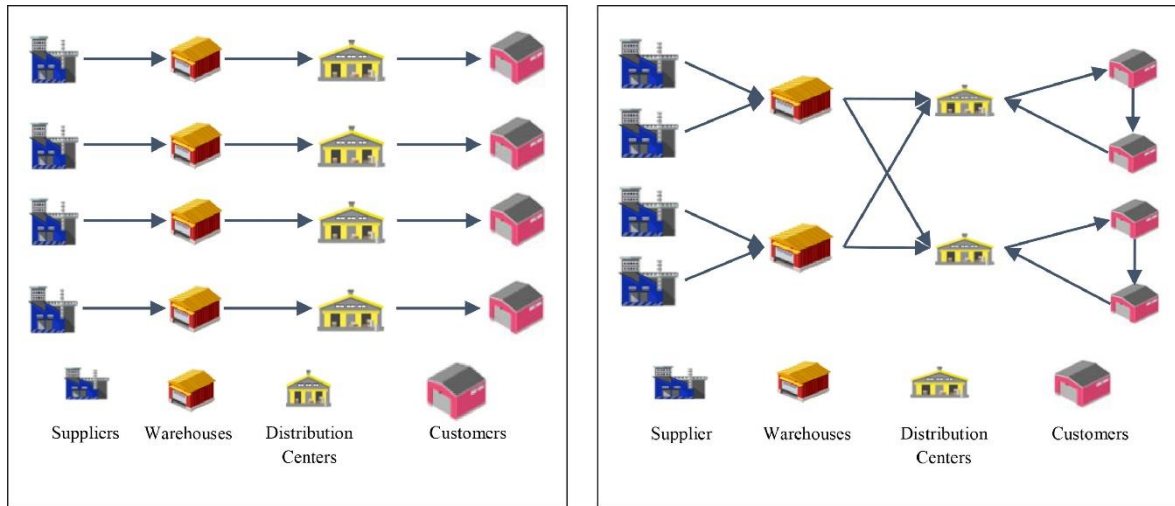
3.4. Rete di distribuzione collaborativa

Nello scenario attuale le richieste dei Clienti possono gravare in maniera significativa sui costi della filiera dei trasporti, una collaborazione orizzontale da parte dei Fornitori è la migliore soluzione all'ottimizzazione dei processi logistici [9], [10]. Il lavoro congiunto tra due o più società indipendenti e la condivisione di risorse e mezzi di partner che hanno visioni comuni possono migliorare l'efficienza complessiva della loro organizzazione logistica e raggiungere un maggior successo piuttosto che lavorare separatamente.

3.4.1. Centri di distribuzione (DC)

La progettazione di una rete di distribuzione collaborativa multi-periodo e multi-prodotto con flotte eterogenee avviene con l'implementazione di centri di distribuzione e magazzini condivisi nei quali, i prodotti con stesse destinazioni vengono raggruppati nello stesso veicolo per la consegna. La collocazione dei magazzini condivisi è dettata dalla collocazione dei Fornitori e dei clienti.

In uno scenario non collaborativo, ciascuna società serve i propri clienti in maniera autonoma indipendentemente dalle altre società al contrario, nello scenario collaborativo, le aziende pianificano le loro consegne congiuntamente.



(a). The non-collaborative scenario

(b). The collaborative scenario

Figura 9: (a) scenario non collaborativo, (b) scenario collaborativo. ⁶

La rete di distribuzione comprende un insieme di fornitori considerati $F = \{1, \dots, f\}$ che mira a soddisfare i requisiti di un insieme di clienti $C = \{1, \dots, c\}$ nei prodotti $P = \{1, \dots, p\}$ ad ogni periodo $t \in T = \{1, \dots, t\}$ utilizzando una flotta eterogenea di veicoli $V = \{1, \dots, v\}$. Le richieste dei clienti vengono consolidate attraverso una serie di magazzini condivisi $M = \{1, \dots, m\}$ e quindi trasferito ai centri di

⁶ Fonte: Nesrine Kharrat, Nassim Mrabti, Nadia Hamani, Mounir Elleuch, A sustainable approach for a collaborative distribution network.

distribuzione $K = \{1, \dots, k\}$ al fine di ridurre i camion pesanti nell'area urbana.

3.4.2 Condizioni di necessarie di applicabilità

Affinché si possa applicare una simile strategia, la rete deve soddisfare dei requisiti:

- Ogni fornitore ha un prodotto specifico ma tutti i prodotti sono compatibili.
- Le richieste dei clienti sono note in anticipo e considerate deterministiche in ciascun periodo.
- La flotta di veicoli deve avere capacità di riempimento adeguate a ogni spedizione al fine di ridurre al minimo i costi di trasporto.
- Il tempo di scarico e caricamento è costante e identico per tutti i clienti.
- Le merci si spostano dai fornitori ai magazzini condivisi, dai magazzini condivisi ai centri di distribuzione e dai centri di distribuzione ai clienti.
- Un magazzino condiviso è aperto se, almeno, un fornitore è assegnato a questo magazzino.
- Un DC è aperto se, almeno, un magazzino condiviso lo serve.

- Ogni fornitore deve essere assegnato a un magazzino condiviso solo se il magazzino condiviso è aperto.
- Ogni magazzino condiviso è assegnato solo a un DC aperto.

3.4.3. Vantaggi scenario collaborativo

La collaborazione orizzontale ha un ruolo cruciale per il miglioramento della sostenibilità del trasporto merci [11], l'utilizzo di modelli matematici per progettare una rete di distribuzione collaborativa sostenibile, consente un miglioramento a livello economico, ambientale e sociale.

Nonostante le criticità nell'applicazione, lo scenario collaborativo resta il più vantaggioso in termini di raggiungimento degli obiettivi se paragonato a quello non collaborativo.

Conclusioni

Questo studio fornisce un approccio ingegneristico alla modellazione dei processi coinvolti della GDO, indaga il dimensionamento degli impianti e fornisce linee di carattere generale in ambito logistico.

È chiaro come un approccio specifico sia da demandare a modellazioni decisionali che siano in grado, in base al contesto, di garantire o quanto meno indirizzare verso scelte corrette. Si rivolge l'attenzione a tal proposito a sistemi di linguaggio di modellazione IDEF0⁷, esso è applicabile nel campo della modellazione strategica e per l'automazione dello sviluppo e dell'implementazione del piano strategico [12].

Integrando le nozioni trattate al linguaggio IDEF0, è possibile creare dei modelli decisionali che siano ben definiti con strutture precise, di facile e immediato utilizzo; essi consentono modifiche veloci e possono essere estesi a qualsiasi profondità di dettaglio.

Tale approccio risulta essere ampiamente versatile, noti gli input è possibile estendere la trattazione a scenari di diverso genere; senza dubbio il suo più gran punto di forza è il corretto impiego, con notevoli

⁷ Integration Definition for Function Modeling

risultati, in contesti aziendali di notevoli dimensioni nei quali approcci diversi non trovano riscontro.

In conclusione, la buona riuscita del piano aziendale prevede in gran parte la considerazione degli argomenti trattati, questi ultimi permettono, con una buona interpretazione, la gestione strategica e quindi di migliorare il posizionamento competitivo e strategico dell'impresa.

Ringraziamenti

Da qui a guardarmi indietro di strada ne ho fatta tanta, la conclusione di un lungo percorso pieno di ostacoli e scelte difficili, a ripensarci farei lo stesso.

Non posso a questo punto non ringraziare chi negli anni mi è stato vicino; ringrazio Giorgia che non si è mai risparmiata nell' aiutarmi e consigliarmi, è senza dubbio alcuno un punto di riferimento, ringrazio la mia famiglia: mia madre, mio padre, mia sorella, la piccola Juno e mio zio Vittorino.

Grazie all' azienda Scelgo S.p.a., devo a loro la formazione lavorativa e le nozioni acquisite nell'ambito della logistica.

Ringrazio infine il Relatore della tesi, l'ng. Maurizio Bevilacqua.

Bibliografia

- [1] H. S. Bartholdi J.J., «Warehouse & distribution science: Release 0.98.1,» *Georgia Institute of Technology*, 2019.
- [2] G. M. M. L. Gu J., «Research on warehouse operation: A comprehensive review,» *European Journal of Operational Research*, pp. 1-21, 2007.
- [3] R. d. K. Nils Boysen, «50 years of warehousing research—An operations research perspective,» *European Journal of Operational Research*, 2024.
- [4] D. H. Ö. Öztürkoğlu, «An Evaluation of Order-picking Tour Efficiency in Two-block Warehouses,» *OSCM*, pp. 74-87, 2019.
- [5] M. B. P. T. Pavel Sukhov, «A Dynamic Programming Heuristic for Optimizing Slot Sizes in a Warehouse,» *Procedia Computer Science*, 2014.
- [6] S. Raicu, D. Costescu, M. Popa e C.-R. Bujor, «Strategic and tactical management of warehousing in distribution logistics,» *Transportation Research Procedia*, 2024.
- [7] «Standard Guide for Conducting Hazard Analysis-Critical Control Point (HACCP) Evaluations».
- [8] G. B. G. C. C. Giovanna Bruno, «The use of the CTU Code to increase freight transport safety and business competitiveness: An empirical analysis of a sample of Italian companies,» *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2023.

- [9] N. M. N. H. L. D. Aymen Aloui, «Towards a collaborative and integrated optimization approach in sustainable freight transportation,» *IFAC-PapersOnLine*, pp. 671-676, 2021.
- [10] N. H. L. D. N. Mrabti, «The pooling of sustainable freight transport».
- [11] N. M. N. H. M. E. Nesrine Kharrat, «A sustainable approach for a collaborative distribution network,» *Transportation Engineering*, 2022.
- [12] M. D. J. E. H. B. L. Gary R. Waissi, «Automation of strategy using IDEF0 — A proof of concept,» *Operations Research Perspectives*, pp. 106-113, 2015.